

# 情報探索システムの社会的評価

飯 尾 要

## 1. 問題の要点

もともとデシジョンは学習過程 (learning process) と結合しないと人間のデシジョンとしての意味をもたない。これは、デシジョンの主体が個人であろうと、人間集団としての組織におけるある機関であろうと、変りはない。学習とは、ひらたくいってしまえば、デシジョン関数におけるパラメーターおよび関数形の変化などにより、主体が環境に適合しようとする、あるいは主体が環境をみずからに適合させようとするものである。それは、自己組織系 (self-organizing system), あるいは適応制御システム (adaptive control system) としての行動様式の問題であり、人間の活動形態にとっては本質的なものである。Ashby [2]; Amosov [1]; Fu [4] pp. 177~191; Glushkov [6] pp. 134~6, 152~5; Iio [8], [9].

ひとまず Fig. 1. によって簡単な定式例をしめしておこう。

プロセス  $P: X \times \Omega \longrightarrow Y$ .

$x \in X$  …… 制御変数.

$\omega \in \Omega$  …… 外乱.

$y \in Y$  …… 結果状態.

評価関数  $G: X \times \Omega \times Y \longrightarrow V$ .

$v \in V$  …… 価値集合 (the value set).  $V$  は、関係  $\leq$  により順序づけられた集合。

$g$  …… 目的関数。

$$g(x, \omega) = G(x, \omega, P(x, \omega)).$$

いま,  $\tau$  をある関数とし, これを許容関数 (a tolerance function) とする。

もし, 部分集合  $X^f \subseteq X$  があたえられ, すべての  $\omega$  について次の条件, 充足基準 (the satisfaction criterion) がみたされる  $\hat{x} \in X^f$  を見出す問題は, 充足問題としてのデシジョン問題である。

$$g(\hat{x}, \omega) \leq \tau(\omega).$$

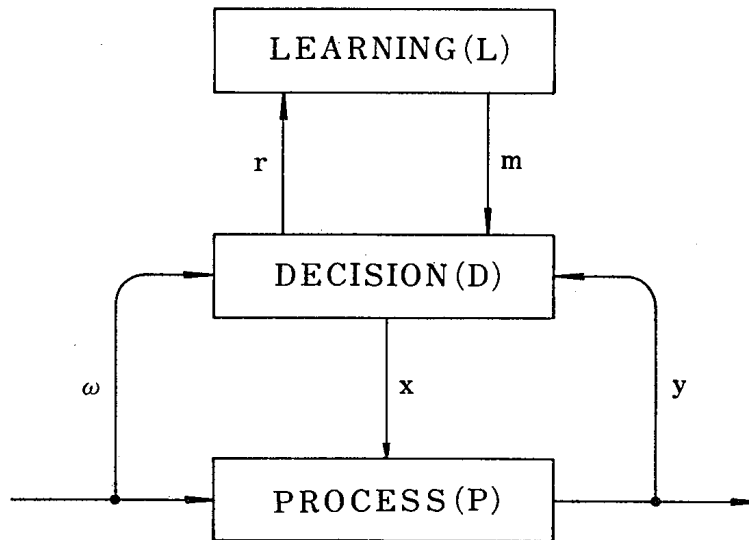


Fig. 1

もし, 問題がつぎの基準であるとき, 一般的な最適問題になる。

$$g(\hat{x}, \omega) \leq g(x, \omega).$$

$g$  および  $\tau$  の確定がデシジョン構造の確定である。また,  $\Omega$  をその部分集合  $\Omega^f$  に還元してゆく問題もある。いま,  $m$  および  $r$  をつぎのように規定する。

$$m = [g, \tau, \Omega^f].$$

$$r = [\omega, x, y].$$

$$m \in M; r \in R.$$

デシジョン過程  $D$  および学習過程  $L$  は, つぎの写像でしめされる。

$$\text{デシジョン } D : \Omega \times Y \longrightarrow X.$$

学習  $L : R \longrightarrow M$ .

上のようにしめされた学習は、どちらかというと、アービブやレオンドスの用法による、オン・ライン型学習 (on-line learning) をしめしているともいえる。もし、いわゆるオフ・ライン型学習 (off-line learning) ということなら、Fig. 2. のようにしめされるといえよう。

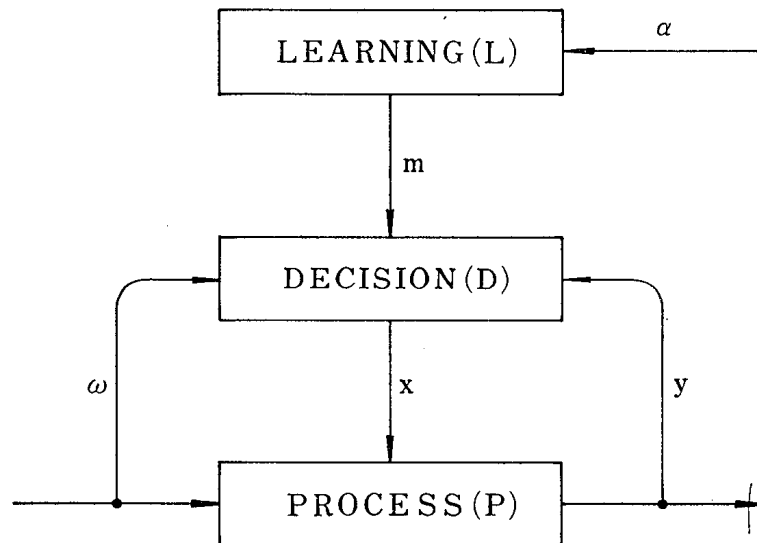


Fig. 2

$\alpha \in A$ .

$L : A \longrightarrow M$ .

だが、実際には、オン・ライン型とオフ・ライン型の両方が併用されることも多い。

ここで、オン・ライン型学習というのは、主体と環境との相互作用のプロセスにおける経験そのものの中から自己学習でデシジョン構造およびそれに関するパラメーターを変えてゆく場合である。また、そうではなくて、システム外からの監督者 (supervisor) により、または経験以外の情報源によりデシジョン構造やパラメーターの変更が行なわれる場合が、オフ・ライン型学習である。Arbib [2] p. 7, p. 10; Leondes, Mendel [7] p. 211, p. 217.

ところで、上述のような学習過程は、主体が、環境状況やプロセスの活

動についてなんらかの形で追加的情報を獲得してゆくという問題を、その根本的な構成部分としている。したがって、経済過程における適応制御プロセスとか学習プロセスを論ずる際、この追加的情報を獲得するシステムについての問題はきわめて一般的かつ中心的な意味をもつといっていよう。このペーパーが、これから述べる「情報探索システム」の経済効果に関する評価の問題をとりあげるのも、そのような意味あいからである。

いま、ある主体がある環境において、ある結果をめざしてなんらかの行動を行なうとする。その場合、その結果に関係あるところの環境状態に関して、いくつかの可能的な状態があり、その可能的状態うちどれがおきるかは、ある一定の確率分布あるいは確率関数をともなってあらわれるとしよう。この場合、その環境条件についての情報をあたえるシステムを、いまここで、「情報探索システム (information research system)」とよぶことにしよう。簡単には、これを情報システムとよんでもよいのだが、情報システムというときには、正しくはかなり広い範囲のものがふくまれることになるので、上述のようによんでおいた方がよい。

さて、ここでいう情報探索システムとは、具体的にはどんなものをしてしているか。それは、上にのべたような機能を果す、一定の物的施設とそれを運用する人間の組織からなるシステムならなんでもよい。したがって、それは、気象観測所の設備とその組織、海洋気象台の施設とその組織、また景気動向リサーチ・センターとか市況リサーチ・センターのようなもの、またそれらのように独立したシステムでなく、ある企業の中の調査部の設備とその組織、等々といった形で、そのシステムをとらえることもできるだろう。さしあたりここでは、気象観測所とか景気動向リサーチ・センターといったタイプの、独立した情報探索システムをイメージしておいてもらおう。

ところで、いま、ある主体  $A_1$  がすでに環境状態についてもっているなんらかの情報（過去の経験とか、かつて他人から聞いたこととか、あるい

はそれらのデータに立って推量した結果であるとか, さまざまであり得る) により, 自分の望ましい行動をきめ, そこにおいて得られる期待成果が, なんらかの測度により測られて,  $E_1(0)$  でしめされるとしよう。そこで, ある情報探索システム  $S$  があるとしよう。これを利用して, データ収集や分析を行ないその情報提供により, 望ましい行動をきめた場合に得られる期待成果が  $E_1(S)$  でしめされるとしよう。この場合, 情報探索システム  $S$  が主体  $A_1$  にたいしてもつ効果あるいは便益 (Benefit) は, つぎの  $V_1(S)$  のようにしめされよう。

$$(1.1) \quad V_1(S) = E_1(S) - E_1(0).$$

この  $V_1(S)$  が, (i) 一定の投入努力にたいする生産量や提供サービスの増大, または貨幣的収益の増大, (ii) 一定の成果にたいする物的・人的資源投入の減少, または貨幣的費用の減少, (iii) ある経済過程の一定期間における作動過程中的, 休止期間や“故障、回数の減少, これによる物的成果や貨幣的収益の増大, 等々といった形であらわれれば, これが情報探索システム  $S$  が主体  $A_1$  にあたえる経済効果にあたるものである。

ここで, われわれはつぎの簡単な設定に立つ。

設定 1. 社会における個別主体  $A_1, A_2, \dots, A_N$  がある。これらがそれぞれ行動を行ない, 状態結果  $a_1, a_2, \dots, a_N$  をもつとする。そのそれぞれの状態結果により各個別主体がうける便益をそれぞれ,  $b_1, b_2, \dots, b_N$  とする。この場合, その社会における社会的状態  $A$  をつぎのベクトルでしめす。

$$A = [a_1, a_2, \dots, a_N]$$

この社会的状態  $A$  にともなう社会的便益  $B(A)$  はつぎの形で簡単にしめされるものと設定される。

$$(1.2) \quad B(A) = \sum_{i=1}^N b_i$$

上述の設定は, いわゆる社会的便益に関するもっとも簡単な設定であり, 各個別行動にともなう外部効果 (external effect) の問題も, また, 一般的

に各個別状態結果の相互併存の問題も、また各個別便益の集計の可能性に関する検討も、また集計におけるウェイト付けの問題をも、なんら考慮に入れないで、単純な加法が成り立つものとして設定されている。

さて、いま、あるあたえられた範囲の“社会、において主体  $A_1, A_2, \dots, A_N$  がある。それらが、ある一定期間において、ある情報探索システム  $S$  が提供する情報を利用する行動を行なう。この場合、その行動の仕方、つまり情報探索システムの利用の仕方にはつぎの二つが考えられる。

(1) 各個別主体  $A_1, A_2, \dots, A_N$  の行動が、全く各個別主体のデシジョンにだけまかされるという条件のもとに、情報探索システムの利用が全く個別的に行なわれる場合。

(2) 各個別主体  $A_1, A_2, \dots, A_N$  の行動が互いに調整されるという条件、すなわち互いのデシジョンは相互調整されながら決定されるという条件のもとに、情報探索システムの利用が共同的に行なわれる場合。

前者を、情報探索システムの“非共同型、利用とよび、後者を、情報探索システムの“共同型、利用とよぶことができよう。前者は、いはばデシジョンの非集中化 (decentralization) に照応し、後者はいはばデシジョンの集中化 (centralization) に照応するということもできるだろう。

ところで、ここで見ようとする問題はつぎの問題である。

ある情報探索システム  $S$  と、これを利用する各個別主体  $A_1, A_2, \dots, A_N$  があたえられている。また、これら各個別主体が、状況とみずからの活動とのさまざまな組合せにより、さまざまな利得 (payoff) を得る。この利得は状況に関する状態変数と行動変数とを独立変数とする利得関数 (payoff function) によりしめされるが、この利得関数もすべての個別主体に関してあたえられているとする。また、情報探索システム  $S$  が提供し得る情報能力もあたえられている。これらの条件のもとにおいて、各個別主体が情報探索システムを“非共同型、で利用する場合の社会的便益と、“共同型”で利用する場合の社会的便益とは、異なる。

上述のことを分析するのがこのペーパーの仕事である。上述のことが現実の経済問題としてどういう問題をさししめすかは、また後で述べることとして、さしあたり分析にとりかかる。

## 2. 情報探索システムのベイズ評価

情報探索システムが提供する情報のタイプについてもいろいろな形が考えられる。たとえば、主体が行動を決定するに際して、状況に関する  $N$  への指標について観察することが必要であるが、その主体には直接には  $(N - n)$  への指標しか観測できない。このとき探索システムが残りの  $n$  へについて観測したことを主体に伝える、といったケースなどもあり得る。

ここでは、情報探索システムはつぎの機能を果すものと設定する。

設定2. 主体が直面している環境状況に関する状態変数  $x$  は、 $x$  の族  $X$  の上において規定された確率変数であり ( $x \in X$ )、確率密度関数をともなっている。この確率関数についての情報が不足しており、主体は確率関数  $p(x)$  をみずからのもつ情報に依拠して設定させざるを得ない。この  $p(x)$  についての知識を改善するための情報を、探索システムは提供する。

さて、ある主体が不確実な状況のもとで展開するデシジョン・モデルのためには、(1) デシジョンに関係ある環境状況に関する状態変数、(2) 選択されるべき代替的行動、(3) 各行動と状況のペアに結合された効果 (利得) に関する指標、の3つが設定されねばならない。以下、まず基本的な点についての説明を、主として、ガリアルディの定式に沿って行なっておこう。Gagliardi [5] pp. 49~54.

$x_i$  は、あり得る環境状態の集合  $X$  のうち、 $i$  番目のものをしめす。

$$x_i \in X; i=1, 2, \dots, N.$$

$a_k$  は、なし得る代替的行動の集合  $A$  のうち  $k$  番目のものをしめす。

$$a_k \in A; k=1, 2, \dots, L.$$

利得関数はつぎのようにしめされる。

$$u_{ki} = U(a_k, x_i).$$

$$u_{ki} \in U.$$

この利得関数は次の行列  $U$  でしめすと便利である。

$$U = [u_{ki}], \quad \begin{pmatrix} k=1, 2, \dots, L \\ i=1, 2, \dots, N \end{pmatrix}$$

$$\begin{array}{c} x_1 \quad \dots \quad x_N \\ \begin{array}{c} a_1 \\ \vdots \\ a_L \end{array} \left[ \begin{array}{ccc} u_{11} & \dots & u_{1N} \\ \vdots & & \vdots \\ u_{L1} & \dots & u_{LN} \end{array} \right] \end{array}$$

また、情報探索システムが提供する情報のあり方はつぎの行列  $Q$  でしめすと便利である。

$$Q = [q_{ij}], \quad \begin{pmatrix} i=1, 2, \dots, N \\ j=1, 2, \dots, M \end{pmatrix}$$

$$\begin{array}{c} y_1 \quad \dots \quad y_M \\ \begin{array}{c} x_1 \\ \vdots \\ x_N \end{array} \left[ \begin{array}{ccc} q_{11} & \dots & q_{1M} \\ \vdots & & \vdots \\ q_{N1} & \dots & q_{NM} \end{array} \right] \end{array}$$

$$q_{ij} = P(y_j | x_i).$$

$y_j (j=1, 2, \dots, M)$  は、情報探索システムによりもたらされるメッセージ (信号) である。 $q_{ij}$  は、状態が  $x_i$  であるとき、メッセージ  $y_j$  が伝えられる条件的確率である。

あたえられたメッセージに応じて行動が決定されるルールがデシジョン関数であり、それをつぎのようにしめすことができる。

$$a = \alpha(y).$$

ここで、不確実性のもとにおける合理的なデシジョンのあり方として次のように設定することができる。これは、いわゆるベイズ型デシジョン・ルール (the Bayesian decision rule) である。

(1) まず、各環境状態の生起に関する、ある事前的確率 (prior proba-



bility) がある。つぎのようにしめされる。

$$P(x_i). \quad (i=1, 2, \dots, N)$$

(2) 各信号が観測されたなら、環境状態についての事後的確率 (posterior probability) が、ベイズの定理により得られる。信号  $y_j$  が観測されたときに、環境状態が  $x_i$  であると考え得る事後的確率は、つぎのようにしめされる。

$$p(x_i|y_j) = \frac{P(x_i) \cdot P(y_j|x_i)}{\sum_r P(x_r) \cdot P(y_j|x_r)}.$$

(3) 信号  $y_j$  が観測された場合に、行動  $a_k$  をとったときの期待値はつぎのようにしめされる。

$$E(a_k|y_j) = \sum_i P(x_i|y_j) u_{ki}.$$

ベイズ型デシジョン・ルールとは、 $y_j$  を観測した際、次の条件をみたすような最適行動を  $\hat{a}$  選択を選択することである。

$$\hat{a} = \hat{\alpha}(y). \quad \hat{a} \in A.$$

$$(2.1) \quad E[\hat{\alpha}(y_j)|y_j] = \max_k E(a_k|y_j).$$

ところで、ある情報システム  $n$  は、ある  $P(y_j|x_i)$ 、いいかえるとある  $P(x_i|y_j)$  を、あたえるわけである。

つぎのように、 $P(y_j)$  を規定しよう。

$$P(y_j) = \sum_r P(x_r) \cdot P(y_j|x_r).$$

情報システム  $n$  にもとづいた最適行動のもつ期待値はつぎのようにしめされる。

$$(2.2) \quad \hat{E}(n) = \sum_{j=1}^M P(y_j) \sum_{i=1}^N P(x_i|y_j) u[\hat{\alpha}(y_j), x_i].$$

なお、

$$\sum_{i=1}^N P(x_i|y_j) u[\hat{\alpha}(y_j)|x_i] = \max_k \left[ \sum_{i=1}^N P(x_i|y_j) u(a_k|x_i) \right].$$

ここで、つぎの行列  $P$  を導入する。

$$P = [p_{ij}] \quad \begin{pmatrix} i=1, 2, \dots, N \\ j=1, 2, \dots, M \end{pmatrix}$$

$$\begin{matrix} & y_1 & \dots & y_M \\ \begin{matrix} x_1 \\ \vdots \\ x_N \end{matrix} & \begin{bmatrix} p_{11} & \dots & p_{1M} \\ \vdots & & \vdots \\ p_{N1} & \dots & p_{NM} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$p_{ij} = P(x_i | y_j) = \frac{P(x_i) \cdot P(y_j | x_i)}{\sum_{r=1}^N P(x_r) \cdot P(y_j | x_r)} = \frac{P(x_i) \cdot P(y_j | x_i)}{P(y_j)}$$

行列  $P$  の  $j$  列を,  $[P]_j$  でしめす。

$$[P]_j = \begin{bmatrix} p_{1j} \\ \vdots \\ p_{Nj} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P(x_1 | y_j) \\ \vdots \\ P(x_N | y_j) \end{bmatrix}$$

この  $[P]_j$  は,  $y_j$  が観測された場合の, 環境状態についての事後的確率の確率分布である。したがって, 行列  $U$  と行列  $P$  の積  $UP$  の  $j$  列目,  $[UP]_j$  は,  $y_j$  が観測された場合に, 各行動  $a_1, \dots, a_L$  をとった際のそれぞれの期待値の列である。

$$[UP]_j = \begin{bmatrix} \sum_r u(a_1, x_r) \cdot P(x_r | y_j) \\ \vdots \\ \sum_r u(a_L, x_r) \cdot P(x_r | y_j) \end{bmatrix}.$$

ここでつぎの演算  $*$  を規定しよう。  $B$  が列ベクトルであるとすれば,  $[B]^*$  はつぎのことをしめしている。

$$B = [b_i].$$

$$[B]^* = \max_i \{b_i\}.$$

また,  $B$  が  $M \times N$  行列であれば,  $[B]^*$  は, つぎの行ベクトルをしめすことになる。

$$[B]^* = ([B]_1^*, \dots, [B]_N^*)$$

ここで,  $[B]_j$  は第  $j$  番目の列ベクトルである。

したがって, ベイズ型デシジョン・ルール (2・1) はつぎのようにしめ

される。

$$(2.3) \quad \hat{a} = \hat{\alpha}(y_j). \\ E(\hat{a}|y_j) = [UP]_j^*.$$

したがってまた、情報システム  $S$  にもとずいた最適行動のもつ期待値 (2.2) はつぎのようにしめされる。

$$(2.4) \quad \hat{E}(S) = \sum_{j=1}^M p(y_j) [UP]_j^*.$$

$[UP]_j$  の  $K$  番目の要素を考へよう。それはつぎのようになる。

$$\sum_{i=1}^N u(a_k, x_i) P(x_i|y_j) = \frac{1}{P(y_j)} \sum_{i=1}^N u(a_k, x_i) P(x_i) P(y_j|x_i).$$

ここで、つぎの対角行列  $D$  を導入しよう。

$$D = \begin{bmatrix} P(x_1) & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & P(x_n) \end{bmatrix}$$

$i$  行  $i$  列目の要素は事前確率  $P(x_i)$  である。

ここで、つぎのように規定する。

$$\bar{U} = UD.$$

$[UP]_j$  の  $k$  番目の要素は、

$$\frac{1}{P(y_j)} [\bar{U}Q]_{kj}$$

でしめされる。ここで  $[\bar{U}Q]_{kj}$  は、 $[\bar{U}Q]$  の  $k$  行  $j$  列目の要素である。

そして、

$$[UP]_j = \frac{1}{P(y_j)} [\bar{U}Q]_j.$$

$$\left( \frac{1}{P(y_j)} [\bar{U}Q]_j \right)^* = \frac{1}{P(y_j)} [\bar{U}Q]_j^*.$$

$$\therefore [UP]_j^* = \frac{1}{P(y_j)} [\bar{U}Q]_j^*.$$

$$\begin{aligned} \therefore \hat{E}(S) &= \sum_{j=1}^M P(y_j) [UP]_j^* \\ &= \sum_{j=1}^M P(y_j) \left( \frac{1}{P(y_j)} [\bar{U}Q]_j \right)^* \end{aligned}$$

$$= \sum_{i=1}^M [\bar{U}Q]_i^* = (\bar{U}Q)^* \xi = [UDQ]^* \xi.$$

ここで、 $\xi$  は、そのすべての要素が1であるところの  $M$  元の列ベクトル。

さて、情報探索システムを利用しないで、事前的確率に依拠した場合の最適行動における期待値を、 $\hat{E}(0)$  でしめす。この  $\hat{E}(0)$  はどのようなになるか。

この事前的確率に依拠する場合の行列  $P$  は、その各列が同じく、

$$[P(x_1), \dots, P(x_i), \dots, P(x_N)]'$$

であるところの行列である。これを  $P_0$  でしめす。 $[UP_0]$  の各列も同じものになる。したがって、 $[UP_0]_j$  は、 $[U_0]$  という、 $j$  から独立の形でしめされてもよい。また、 $y_j$  は、観測されないのであるから、 $\hat{E}(0)$  は結局、つぎのようにしめされる。

$$\therefore \hat{E}(0) = [U_0]^* = [U\pi]^*.$$

ただし、

$$\pi = \begin{bmatrix} P(x_1) \\ \vdots \\ P(x_N) \end{bmatrix}.$$

したがって、環境状態について、事前的確率  $P(x_i)$ , ( $i=1, 2, \dots, N$ ) なる分布をもっている主体にとって、 $Q=[q_{ij}]$  なる形での情報を提供する情報探索システムの便益  $V(S)$  は、次のようにしめされる。

$$(2.5) \quad V(S) = [UDQ]^* \xi - [U\pi]^*.$$

### 3. “非共同型、利用と”共同型、利用

上述の整理を行なった上で、われわれは次の問題にとりかかることができる。

設定3. あるあたえられた範囲の社会において主体  $A_1, A_2, \dots, A_N$  がある。それらが、同一の環境状況と相互作用しており、それぞれの行動によ

り利得(payoff)を得ている。利得関数は行列  $U^{(1)}, U^{(2)}, \dots, U^{(N)}$  の形であたえられる。

$$U^{(K)} = [u_{ij}^{(K)}], \quad \begin{pmatrix} K=1, 2, \dots, N \\ i=1, 2, \dots, n \\ j=1, 2, \dots, m \end{pmatrix}$$

$$u_{ij}^{(K)} = u^{(K)}(a_i^{(K)}, x_j).$$

$$a_i^{(K)} \in A^{(K)}; x_j \in X.$$

$a_i^{(K)}$  は主体  $K$  の許容行動 (admissible actions) の集合  $A^{(K)}$  に属している。状況  $X$  は各主体に共通してあたえられている。利得関数  $u^{(K)}$  は  $a_i^{(K)}$  と  $x_j$  を独立変数としており、つまり主体  $K$  の利得関数の独立変数としては他の主体の行動変数  $A^{(L)}$ ; ( $L \neq K$ ) は入らない。また、 $x_j \in X$  は、互いの行動 ( $A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(N)}$ ) からは独立に決定されている。そして、各主体は状況についてそれぞれ主観的確率を付しているわけだが、これは過去の状態生起についての経験 (これは全員に共通している) と、いわゆる“常識”に立ったものとして、すべての主体は共通したものを持つと設定される。それを  $\pi$  であらわす。

$$\pi = \begin{bmatrix} P(x_1) \\ \vdots \\ P(x_n) \end{bmatrix}.$$

$P(x_j)$  は、状態  $x_j$  が生起することについての事前的確率。

ここに情報探索システム  $S$  があり、これは状況  $X$  に関して、前節でしめしたような意味あい、行列  $Q$  でしめされる情報提供のあり方をもっている。(なお、便宜上、各主体にとり  $i=1, 2, \dots, n$  とする。)

上述のような設定は、これを次のような場合にたとえることができるだろう。

第一の例。気象条件により自分の行動を決定するいくつかの経営主体がある。それらは業種が異なり、同一の気象条件にたいし同一の行動をとるわけではない。ただ、各主体はある広がり地域に存在して、ほぼ共通し

た気象環境におかれる。そして、各経営主体は、この域地の気象環境について情報を提供する気象情報探索システムを利用し、これによりみずからの行動をきめる。

第二の例。ある外国地域の国際経済条件により自分の行動を決定するいくつかの経営主体がある。それらは業種が異なり、同一の国際経済条件にたいし同一の行動をとるわけではない。ただそれらは同一の外国地域を対象として活動しており、共通した環境条件をもつ。また、その外国地域の国際経済条件にたいして、これら経営主体が影響をあたえるという点に関しては微少であり無視される。またこれら各主体の活動による利得が相互依存することはない。つまり、互いに競争しあうような条件にはない。これら経営主体が、その外国地域の国際経済条件についての情報を提供する国際経済情報探索システムを利用し、これによりみずからの活動をきめる。

さて、いま、各主体が情報探索システムを、第1節で述べた“非共同型”において利用したとしよう。この場合、各主体が情報探索システムのあたえる各メッセージにたいしてどのような行動をとるかは各自の利得関報にまかされている。各主体は情報探索システム  $S$  から次の  $V^{(K)}(S)$  だけの経済効果（便益）を期待できることになる。

$$(3.1) \quad V^{(K)}(S) = [U^{(K)} DQ]^* \xi - [U^{(K)} \pi]^*.$$

したがって、第1節でしめした設定1により、この情報探索システムが、(各主体それぞれ一回の利用につき)、生み出す社会的便益はつぎの  $V_1(S)$  でしめされることになるだろう。

$$(3.2) \quad \begin{aligned} V_1(S) &= \sum_{K=1}^N V^{(K)}(S) \\ &= \sum_{K=1}^N [U^{(K)} DQ]^* \xi - \sum_{K=1}^N [U^{(K)} \pi]^*. \end{aligned}$$

ところが、第1節で述べた“共同型”利用の条件のもとではどのように考えられるか。この場合には、互いのデシジョンは相互に調整されるわけである。この場合、もし各主体がそれぞれに各個別の利得を最大ならしめ

ようと努めているなら，設定3のものとは，相互のデシジョンを調整することはなんの変化をも生まないし，意味をもたない。したがってその場合には社会的便は，(3・2)の  $V_1(S)$  でしめされるのに変りはない。したがって，ここでは，各主体が，社会的な利得 (social benefit) を最大にする形で互いの行動を調整するという設定に立つ。このことを，よりくわしく規定しよう。

調整された行動は，

$$A^{(1)} \times A^{(2)} \times \dots \times A^{(N)}$$

の空間における，ベクトル，

$$[a_\alpha^{(1)}, a_\beta^{(2)}, \dots, a_r^{(N)}]$$

でしめされる。このようなベクトルは  $n^N$  通りある。したがってその調整された行動の族を  $A^{(S)}$ ，その1つ1つを  $a_i^{(S)}$  でしめせば，つぎのようになる。

$$a_i^{(S)} \in A^{(S)}; i=1, 2, \dots, n^N.$$

したがって調整された行動  $A^{(S)}$  についての利得関数もまた， $n^N \times m$  行列  $U^{(S)}$  でしめされ得る。

$$U^{(S)} = [u_{ij}^{(S)}], \quad \begin{pmatrix} i=1, 2, \dots, n^N \\ j=1, 2, \dots, m \end{pmatrix}$$

$u_{ij}^{(S)}$  は，調整された行動  $a_i^{(S)}$  と状況  $x_j$  とにより得られる利得状態である。そして，

$$a_i = [a_\alpha^{(1)}, a_\beta^{(2)}, \dots, a_r^{(N)}]$$

とすれば，設定1により，

$$u_{ij}^{(S)} = u_{\alpha j}^{(1)} + u_{\beta j}^{(2)} + \dots + u_{r j}^{(N)}$$

である。

したがって，各主体は，

$$(3.3) \quad d^{(S)} = \hat{\alpha}(y_j); d^{(S)} \in A^{(S)}$$

$$E^{(S)}(d^{(S)}|y_j) = [U^{(S)}P]_j^*.$$

というデシジョン・ルールにしたがって、行動を調整する。この場合、情報探索システム  $S$  の社会的便益はつぎの  $V_2(S)$  でしめされる。

$$(3.4) \quad V_2(S) = [U^{(S)} D Q]^* \xi - [U^{(S)} \pi]^*.$$

そして、 $V_1(S)$  と  $V_2(S)$  とが一般には一致しないことはいうまでもない。つぎに、数値例をみよう。

いま、2つの主体  $A_1, A_2$  がある。 $U^{(1)}, U^{(2)}, D, \pi$  についてつぎのように設定する。

$$U^{(1)} = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -3 & 2 \end{bmatrix}; \quad U^{(2)} = \begin{bmatrix} -3 & 4 \\ 2 & -2 \end{bmatrix}; \quad D = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 \\ 0 & 0.5 \end{bmatrix};$$

$$\pi = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \end{bmatrix}$$

また、2つの情報探索システム  $S_1$  と  $S_2$  とがあり、その情報提供のあり方の行列はつぎの  $Q_1, Q_2$  である。

$$Q_1 = \begin{bmatrix} 0.7 & 0.3 \\ 0.4 & 0.6 \end{bmatrix}; \quad Q_2 = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 \\ 0.3 & 0.7 \end{bmatrix}.$$

ともに、

$$q_{ij} = P(y_j | x_i).$$

簡単にいうと、システム  $S_1$  は、状態  $x_1$  についてはエントロピーの低い形となるが、 $x_2$  についてはエントロピーの高い形となる。システム  $S_2$  は反対である。

(3.1) により算出すると、

$$V^{(1)}(S_1) = 0.15; \quad V^{(1)}(S_2) = 0.05.$$

$$V^{(2)}(S_1) = 0.55; \quad V^{(2)}(S_2) = 0.6.$$

したがって、各主体が情報探索システムを非共同型で利用するとすれば、(3.2) により

$$V_1(S_1) = 0.7 > V_1(S_2) = 0.65.$$

したがって、もし情報探索システム  $S_1$  と  $S_2$  とが同じ建設費用と運営費用を要するなら、システム  $S_1$  が選好されることになるだろう。たとえ



ば、もし市場経済ならば、 $S_1$  の方がヨリ多くの利益を得るだろう。

しかし、もし主体  $A_1$  と  $A_2$  が共同型利用の条件に立つとすればどうなるか。

調整された行動による  $U^{(S)}$  はつぎの行列となる

$$U^{(S)} = \begin{pmatrix} -1 & 3 \\ 4 & -3 \\ 0 & 6 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$$

(3・4) により算定すれば、

$$V_2(S_1)=0; V_2(S_2)=0$$

すなわち、この限りでは情報探索システム  $S_1$  も  $S_2$  もともに、なんの経済効果増をもたらさない。したがって、ともに不要であり、費用をかけて建設したり利用することは社会的に損失を生むだけである。

#### 4. 現実との関連

上述でみたように、ある情報探索システムが、ここでいう“非共同型、で利用される場合と、ここでいう“共同型、で利用される場合とでは、その社会的便益の発生はかなり異なった様相を帯びるのである。このことが、今日的な現実との関連において持つ意味を簡単に触れて終ろう。

いわゆる市場経済にあって、情報探索システムが個別経済主体によって利用される場合は、ちょうどここにいる“非共同型、利用による経済原理かまたはそれに近似的なものによって運用されるとみてよいだろう。たとえば、各個別主体がある一定期間にその利用による発生便益を見込んで、期間ぎめの予約金やまた使用のたびごとの料金などを払って利用するなどという形がそれである。各個別主体が、前節まででみたような考え方により支払うことを肯定する費用合計が、情報システムの側の収益となり、当該システムにとり費用・収益分析が行なわれる。ところが、もし各主体が

計画経済的に共同型利得関数をもち相互調整的に利用するならば、市場経済的に利用した場合には社会的に選好されたものが社会的には無用であったりまた便益評価を減少したりすることにもなるのである。また、全経済体制が計画経済でないとしても、その情報探索システムに関係するある行動に関して相互調整的関連が成立てば、その限りで共同型利用の結果が現われるだろう。

このように、情報探索システムが社会的な便益をどのように生み出すかという問題は、その利用体制の問題と不可分なのである。

ただ上述の分析は、かなり単純化した設定をおいている。現実にとどくにはさらに多くの検討が要るわけである。(1971. 5. 6)

## 文 献

- [1] Amosov, N. M., "Simulation of Thinking Processes," *Purposive Systems, Proceedings of the 1st Annual Symposium of the American Society of Cybernetics*, 1968. pp. 35~66.
- [2] Arbib, M. A., *Theories of Abstract Automata*, 1969.
- [3] Ashby, W. R., *Design for a Brain*, 1960.
- [4] Fu, K. S., "Stochastic Automata as Models of Learning Systems," *Computer and Information Sciences*, II, 1967, pp. 177~191.
- [5] Gagliardi, U. O., "A Bayesian Viewpoint in the Evaluation of Information Systems," *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Volume 9, No. 2, April 1967, pp. 45~63.
- [6] Glushkov, V. M., *Introduction to Cybernetics*, 1966.
- [7] Leondes, C. T., and J. M. Mendel, "Artificial Intelligence Control," *Survey of Cybernetics*, 1969, pp. 209~228.
- [8] Iio, K. (飯尾 要), 「市場と制御の経済理論」1970年7月, 日本評論社。
- [9] Iio, K. (飯尾 要), 「社会的選択のサイバネティクス・モデル」KIER 7104, 京都大学経済研究所ディスカッション・ペーパー, 1971年3月。